

PROPOSTA PER UNA MACCHINA PER LO SFALCIO DI CAMPI DI ANANAS A FINE CICLO PRODUTTIVO¹

Beltrami M.¹, Cini E.¹, Garbati Pegna F.¹, Perez de Corcho Fuentes J.²

1. Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale - Sezione Meccanica, piazzale delle Cascine, 15- 50144 Firenze, Tel+39 055 3288314, Fax +39 055 331794, garbati@unifi.it
2. Universidad de Ciego de Avila - Departamento de Mecanización de la Producción Agropecuaria - Facultad de Ingeniería - Carretera a Morón, Km. 9. Ciego de Avila. CP 69450. Cuba

Riassunto

Nel presente lavoro si riferisce sulla possibilità di liberare dalla vegetazione residua i campi di ananas a fine ciclo mediante la trinciatura delle piante ancora in piedi con una tritratrice specificamente progettata. Per valutare l'efficacia del sistema ipotizzato sono state eseguite delle prove con un prototipo dell'organo di taglio prescelto, un rotore portacoltelli ad asse verticale, e con del materiale vegetale di varia natura. Da queste prove è stato possibile individuare le configurazioni del prototipo meno idonee ad effettuare il taglio e la proiezione dei residui secondo le aspettative ed è stato possibile ipotizzare la struttura di massima della macchina trinciatrice.

Parole chiave: Falciatrici, trinciatrici, residui colturali

Summary

Chopping pineapple residues can be successful only if specifically designed implements are used since other equipment doesn't give satisfactory results. A specific machine has been studied by the authors and a prototype of its multiple knife vertical axle cutting system has been tested with various vegetal material in order to evaluate its performance. These trials have showed how some of the possible configurations of the cutting system do not provide satisfactory results while others are very encouraging and helpful in the design of the machine

Key words: Mowers, mulchers, crop residues

1. INTRODUZIONE

1.1. LA LIBERAZIONE DEI CAMPI DI ANANAS A FINE CICLO PRODUTTIVO DAI RESIDUI COLTURALI

Al termine del ciclo colturale la biomassa presente nei campi di ananas può superare le 200 t/ha: la demolizione e umificazione nel terreno di questa massa verde risulta quindi lenta e difficile se si considera che le piante sono costituite da un tallo tozzo e coriaceo e da foglie rigide e fibrose.

In effetti, in alcuni casi non è possibile rendere il terreno pronto per un nuovo impianto prima di 6 - 8 mesi dalla fine del ciclo produttivo dell'impianto precedente ed occorrono anche 4 o 5 passaggi di macchine operatrici per sminuzzare adeguatamente i residui colturali.

Le pratiche più diffuse sono lo sfalcio e l'incorporamento dei residui nel terreno con aratri a dischi o la loro bruciatura. In alcuni casi si fa precedere un trattamento disseccante, in

¹ Lavoro svolto nell'ambito di un'apposita convenzione con la FALC srl di Faenza

altri si aggredisce la vegetazione direttamente con aratri a dischi o con passaggi ripetuti di zappatrici o trinciasarmenti. Lo scopo di queste lavorazioni è di ridurre al minimo la dimensione dei residui colturali in modo che non siano di ostacolo all'impianto successivo e si decompongano rapidamente, senza costituire focolai di marciumi od altre malattie. La' dove applicata la bruciatura ha essenzialmente lo scopo di disinfettare il terreno, ma in genere, anche dove siano presenti problemi fitopatologici, si preferisce conservare la sostanza organica costituita dalla biomassa ed utilizzare prodotti chimici per la lotta ai patogeni.

La tecnica di demolizione più efficace è ad oggi la trinciatura con falciatrici a flagelli ad asse orizzontale, ma l'azione di questa tipologia di macchine trova un forte ostacolo nella conformazione delle piante di ananas e nella loro disposizione, infatti la loro fibrosità e la compattezza del tallo, unitamente all'azione di abbattimento operata dalla struttura della falciatrice, rendono difficile il taglio e la proiezione dei residui e portano ad un rapido consumo degli utensili ed a una forte sollecitazione del sistema di trasmissione.



Fig. 1. Campi di ananas a fine ciclo produttivo

1.2. POSSIBILITÀ DI EFFETTUARE LA TRINCIATURA CON SPECIFICHE FALCIATRICI AD ASSE VERTICALE

La facilità con cui al contrario è possibile trinciare minutamente intere piante di ananas con un biotrituratore ha portato gli autori a valutare la possibilità di applicare lo stesso principio di funzionamento alla trinciatura in campo e, con il contributo di una azienda italiana produttrice di macchine agricole, è stato avviato lo studio per una macchina specifica per la trinciatura di piante di ananas. Riservando per un futuro approfondimento la possibilità di

raccogliere le piante intere e trasportarle ad un apparato trinciante, si sono volute privilegiare la semplicità e la versatilità optando per una serie di rotori portacoltelli ad asse verticale in linea, azionati da una struttura simile a quella degli erpici a denti ruotanti da cui potrebbe essere possibile mutuare parte degli elementi costruttivi. Per verificare la qualità del taglio e la cinematica di un simile sistema è stata realizzata una coppia di rotori e sono state condotte alcune prove con piante di agave. La concreta possibilità di realizzare la macchina anche usufruendo di contributi pubblici e di proporla sul mercato hanno limitato in questo stadio il dettaglio della descrizione nel paragrafo successivo.

2. MATERIALI E METODI

2.1. L'APPARATO DI TRINCIATURA

Un sistema di trinciatura comunemente applicato nei biotrituratori è basato su di un rotore cilindrico a gabbia costituito da 4 o 5 assi paralleli, portanti corti coltelli liberi di ruotare su un piano perpendicolare all'asse stesso, collegati agli estremi da due dischi che costituiscono le basi del rotore. Il rotore è racchiuso per buona parte della sua circonferenza da un carter dotato di aperture per la fuoriuscita del materiale trinciato. La dimensione dei residui dopo la trinciatura dipende dal numero di assi, dal numero di coltelli per asse, dalla loro distanza e dalla dimensione delle aperture del carter, oltre che dalla velocità di rotazione.

Il lavoro degli autori, volto alla ricerca di un sistema trinciante da utilizzare in pieno campo, si è ispirato a questo tipo di apparato che si è dimostrato molto efficace nelle trinciatura di piante di ananas in laboratorio, ma si è poi evoluto in un sistema affatto differente per le particolari necessità operative di una macchina destinata a lavorare in pieno campo.

L'apparato ipotizzato, di cui è stato realizzato un prototipo per verificare le caratteristiche funzionali, è costituito da un rotore cilindrico portante sulla superficie tre linee longitudinali equidistanti di piastre triangolari portacoltelli; queste piastre sono disposte su piani perpendicolari all'asse del cilindro distanziati di circa 50 mm fra loro. Ciascuna piastra portacoltelli sostiene un coltello rettangolare, con filo di circa 24° , libero di ruotare mediante un perno sulla superficie della piastra, con una escursione di circa 180° . Il rotore è disposto verticalmente rispetto al terreno ed è sostenuto da un apposito telaio e mosso da un motore idraulico applicato all'estremità superiore dell'asse. La velocità di rotazione, calcolata in base alla velocità prevista di avanzamento del rotore ed alle caratteristiche della vegetazione da trinciare, è di circa 105 rad s^{-1} .

La grande portata di biomassa prevista nel lavoro in campo ha reso sconsigliabile l'applicazione di un carter al rotore, anche solo nella parte posteriore, per evitare l'ingolfamento del sistema, mentre il fatto che le piante di ananas, in genere disposte in file binate con interfila raramente superiore al doppio della distanza tra le file di una bina, si presentino come un fronte quasi compatto, ha suggerito di studiare più che l'azione di un singolo rotore l'azione di una coppia di rotori dato che è prevedibile che questi debbano lavorare in serie ed essere equidistanti. Ciascun rotore è stato armato con una tipologia differente di coltelli: a filo diritto in un caso ed a filo seghettato (autoaffilante) nell'altro, con lo scopo di confrontare l'azione.

Per simulare in laboratorio l'avanzamento della coppia di rotori nella vegetazione è stata realizzata una struttura di sostegno per le piante, libera di scorrere lungo un binario attraverso la coppia di rotori. A questo stadio la velocità di alimentazione delle piante non è stata rilevata con precisione, ma mantenuta approssimativamente intorno a $0,8 \text{ m s}^{-1}$. Queste struttura è stata disposta in due differenti posizioni, normale agli assi dei rotori ed inclinata

rispetto a questi di circa 25° (una inclinazione maggiore non è possibile data la geometria del rotore).



Fig. 2. Il prototipo dell'apparato di taglio provato in laboratorio

L'obiettivo delle prove condotte era quello di ricavare una prima impressione sull'efficacia del sistema ipotizzato per cui nel corso di queste prove preliminari non è stato misurato alcun dato numerico, ma solo osservate le dimensioni del trinciato e le traiettorie di proiezione mediante osservazione diretta, di fotografie e di filmati.

Le prove sono state eseguite nelle diverse situazioni:

Distanze minime tra le estremità dei coltelli di ciascun rotore nel caso in cui questi siano disposti sugli stessi piani:

$$A = 25 \text{ mm}$$

$$B = 10 \text{ mm}$$

Sovrapposizione massima tra le estremità dei coltelli di ciascun rotore nel caso in cui questi siano disposti su piani alternati:

$$C \text{ piani distanti } 25 \text{ mm (un rotore viene sollevato di } 25 \text{ mm rispetto all'altro)} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ piani distanti } 50 \text{ mm (vengono eliminati alternativamente dei piani di coltelli da ciascun rotore)} = 20 \text{ mm}$$

Senso di rotazione:

1 = rotori controrotanti nel senso da diminuire la velocità relativa tra coltelli e piante

2 = rotori controrotanti nel senso da aumentare la velocità relativa tra coltelli e piante

3 = rotori ruotanti nello stesso senso.

Inclinazione dei rotori rispetto all'asse delle piante:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\beta = 25^\circ$$

Le prove sono state effettuate con le combinazioni : $A\ 1\ \alpha$, $A\ 1\ \beta$, $B\ 1\ \beta$, $C\ 1\ \beta$, $D\ 1\ \beta$, $B\ 2\ \beta$, $B\ 3\ \beta$.

2.2. IL MATERIALE VEGETALE

Precedenti studi sul taglio di piante di ananas condotti presso il D.I.A.F. erano stati eseguiti su piante appositamente importate, ma in questo caso, data la difficoltà nel reperire il materiale, si è optato per piante con caratteristiche simili, riservando l'utilizzazione di piante di ananas ad uno stadio successivo quando, grazie alle indicazioni ricavate dalle prove preliminari, sarà possibile organizzare delle prove più mirate ed eseguire delle misure precise delle prestazioni del sistema. Le prove sono state quindi condotte su *Agave americana* L., pianta simile all'ananas per forma, fibrosità e disposizione delle foglie, anche se di dimensioni maggiori, più succulenta e con tallo meno sviluppato. Una verifica è stata anche eseguita trinciando una corona di ananas particolarmente sviluppata.



Fig. 1. Prove di trinciatura con piante di *A. americana*

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Similarmente a quanto era ipotizzabile la coppia di rotori è stata in grado di trinciare in maniera soddisfacente le piante di *Agave* in un unico passaggio in ciascuna delle configurazioni provate. Non essendoci riferimenti bibliografici specifici, in base ai risultati ottenibili con le normali falciatrici a flagelli ad asse orizzontale è stata considerata soddisfacente una dimensione massima di 100 mm per ciascun lato dei frammenti risultanti, considerando che il taglio influisce in genere sulla sola lunghezza dei frammenti mentre lo spessore e la larghezza sono quelli tipici delle foglie. A questo proposito bisogna osservare che le foglie usate nelle prove avevano larghezza e spessore almeno doppi di quelli

mediamente riscontrabili nelle foglie di ananas e che quindi da quest'ultime ci si possono aspettare frammenti ancora più piccoli; d'altra parte queste foglie sono in genere più elastiche e sostenute alla base dal tallo coriaceo ma non particolarmente resistente al taglio, come rilevato in sperimentazioni precedenti. I frammenti di dimensione minore sono stati ottenuti con il senso di rotazione indicato con il n.1 nel capitolo precedente.

Per quanto riguarda le traiettorie di proiezione dei residui, il senso di rotazione opposto n.1 ha assicurato la quasi totale proiezione dei residui verso la parte posteriore del sistema e solo pochi frammenti sono stati ritrovati di fronte ai rotori; di questi ultimi la maggior parte è risultata aver seguito i coltelli nella loro rotazione e quindi essere stata proiettata anteriormente al termine del passaggio delle piante. Nei casi indicati con il n. 2 e n.3 i frammenti sono risultati in genere di maggiori dimensioni e la direzione di proiezione preponderante quella frontale e laterale rispettivamente. Nel caso di una serie di rotori disposti in linea e rotanti a coppie nel senso n.1, il caso n.2 occorrerebbe tra elementi contigui di coppie diverse e potrebbe essere marginale se confinato alle aree più rade degli interfilari mentre nel caso di elementi tutti ruotanti nello stesso senso potrebbero verificarsi ingolfamenti perché ciascun rotore tenderebbe a convogliare il flusso di trinciato verso il rotore contiguo.



Fig. 1. Campione di materiale vegetale trinciato

Per quanto riguarda la distanza tra i rotori, come era immaginabile i frammenti più piccoli sono stati prodotti nel caso C (sovrapposizione con distanza 25 mm), seguiti dalle configurazioni D, B ed A. Benché in tutti i casi la dimensione dei residui sia rimasta entro i limiti ricercati, la configurazione C non verrà probabilmente presa in considerazione nelle prove future in quanto si ha un impiego massimo di coltelli unito ad una diminuzione della larghezza di lavoro a fronte di una spinta riduzione delle dimensioni del trinciato che non ha

una particolare utilità nella economia della coltivazione. Nella configurazione D la riduzione del fronte di lavoro è compensata dall'utilizzo di un numero dimezzato di coltelli, mentre nei casi A e B la larghezza di lavoro rimane sufficientemente ampia.

L'azione dei rotori con l'asse inclinato rispetto a quello delle piante è risultata molto più efficace sia per la maggior triturazione delle foglie che per il miglior convogliamento del flusso dei frammenti attraverso i rotori, anche per l'azione di sollevamento esercitata in questo caso dai coltelli in rotazione.

Non sono state evidenziate particolari differenze tra i frammenti risultanti dal taglio con i coltelli a filo continuo e quelli a filo autoaffilante, tranne che per i margini del taglio che nel secondo caso risultavano a volte seghettati.

Alcune prove sono state anche effettuate bloccando i perni dei coltelli in modo da impedirne l'oscillazione ma questa configurazione, pur in grado di assicurare una più efficace azione di taglio in presenza di materiale particolarmente resistente o denso, non permetterebbe al sistema di limitare i danni causati dal passaggio accidentale di sassi o parti metalliche.

4. CONCLUSIONI

Le prime prove eseguite sul prototipo di apparato trinciante ad asse verticale hanno fornito indicazioni incoraggianti sulla validità del principio di funzionamento prescelto. La ridotta dimensione dei residui e la loro proiezione verso la parte posteriore del sistema erano due delle principali caratteristiche ricercate, insieme ad una semplicità costruttiva tale da permettere di realizzare una macchina robusta ed essenziale. Saranno necessarie ulteriori prove in laboratorio per verificarne la validità su piante di ananas e misurarne le prestazioni con apposita strumentazione e metodologia seguite da prove in pieno campo per valutare la capacità di lavorare portate considerevoli di materiale vegetale, prima di considerare l'applicazione di questo principio ad una specifica macchina operatrice.

Bibliografia

Chiarandini S. (1997); *La lavorazione del Terreno nella coltura dell'ananas a Cuba: tecniche tradizionali e proposte alternative*, tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale di Firenze, relatori Zoli M., Garbati Pegna F.

Collins J. L. (1960); *The Pineapple*, Interscience Publishers, New York, p. 294

Garbati Pegna F. (1994); *La meccanizzazione della coltura dell'ananas a Cuba*, tesi di dottorato, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale di Firenze;

Garbati Pegna F., Zoli M. (1998); *Pineapple mechanization in various producing countries and further development possibilities*; Proceedings of the 13th International Congress on Agricultural Engineering - Rabat 2-6 Febbraio 1998, pp.277-287

Garbati Pegna F., Zoli M.(1997); *La meccanizzazione dell'ananas nei principali paesi produttori*; Atti del VI Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria; Università degli Studi di Ancona; 11-12 Settembre 1997, pp.375-387

Gupta C.P., Oduori M.F., (1992) *Design of the revolving-knife type sugarcane basecutter* Transactions of the ASAE, 6/1992 p.1747

Hanafi M.M, T.I. Tengku Ahmad, M.S. Madom. (2001); *Improvement of pineapple production through mechanisation*. p. 4-5. In I. Zulkifli. et al. (eds.). Extended Abstract, UPM Research Report 2001, Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia.

Kroes, S., Harris, H.D., (1995) *A kinematic model of the dual basecutter of a sugarcane harvester*, Journal of Agricultural Engineering Research, vol III/1995 p. 163

Pérez De Corcho J., Garbati Pegna F., Zoli M. (2000); *Corte por impacto de tallos y hojas de piña*; Actos (CD) Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola CLIA 2000; Guanajuato, Gto., Mexico, 6-8/11/2000

Pérez De Corcho J., Garbati Pegna F., Zoli M.(2000); *Corte cuasiestático de tallos y hojas de piña*; Actos (CD) Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola CLIA 2000; Guanajuato, Gto., Mexico, 6-8/11/2000

Pérez de Corcho J., Tomba Moreno P., Garbati Pegna F, Zoli M.,. (2002); *Evaluación de tecnologías de acondicionamiento de suelos para la producción de piña en la provincia Ciego de Ávila, Cuba*; Actos de la V Conferencia Científica Internacional, UNICA 22-26 Octubre 2002, Ciego de Avila, Cuba

Pérez de Corcho J., Tomba Moreno P., Garbati Pegna F, Zoli M.,. (2003); *Evaluation of Different Soil Preparation Techniques for Pineapple Production*; Pineapple News, Issue n.10, May 2003; University of Hawaii, College of Tropical Agriculture

Pérez de Corcho J., Tomba Moreno P., Garbati Pegna F., Zoli M., (2001); *Evaluación de dos Tecnologías de demolición de campos de piña*. Actos de la Primera Conferencia Sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad, Agrocentro 6-9 Noviembre 2001, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba

Py C.; Lacoevilhe J.J., Tisseau C. (1987); *The pineapple*, Editions G.-P. Maisonneuve & Larose Paris,

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Giancarlo Cosi tecnico di officina del D.I.A.F. per l'importante contributo dato alla realizzazione del prototipo